


В работе рассматриваются вопросы, связанные с разработкой энергетических установок с солнечными элементами на основе кремния.

**УДК 621.384.3**

А. С. Литвиненко, канд. техн. наук,
Л. А. Назаренко, докт. техн. наук.
*Харьковская национальная академия
городского хозяйства*

СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ГОЛОГРАММНЫМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ ЭНЕРГИИ.

Введение. Полное количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли за неделю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана; при этом солнечные лучи приносят приблизительно по 1 киловатту мощности на каждый квадратный метр земной поверхности. Несмотря на такой высокий потенциал, вклад возобновляемых источников энергии в суммарное энергопроизводство практически всех стран – невелик. Высокая цена электроэнергии, получаемой с использованием возобновляемых источников, сдерживает их широкое внедрение. Мы потребляем невозобновляемые энергоресурсы по относительно низкой цене, которая не отражает реальные совокупные затраты общества. В тарифы на энергию не включаются затраты, связанные с загрязнением окружающей среды. Оценки прямых социальных затрат, связанных с вредным воздействием электростанций, включая болезни и снижение продолжительности жизни людей, оплату медицинского обслуживания, потери на производстве, снижение урожая, восстановление лесов и ремонт зданий в результате загрязнения воздуха, воды и почвы дают величину добавляющую около 75% мировых цен на топливо и энергию. Фактически это затраты всего общества – экологический налог, который платят граждане за несовершенство энергетических установок. Если учесть эти скрытые сейчас затраты в тарифах на энергию, то большинство новых технологий возобновляемой энергетики становятся конкурентноспособными с существующими технологиями.

Изложение основного материала. Одной из наиболее перспективных технологий солнечной энергетики является создание фотоэлектрических станций с солнечными элементами на основе кремния, которые преобразуют в электрическую энергию солнечный свет с КПД 12-15%.

Основные проблемы использования солнечной энергии заключены в высокой стоимости кристаллического кремния, составляющего основу солнечных энергетических установок, а также в низкой эффективности современных солнечных батарей (СБ), обусловленной тем фактом, что из всего солнечного спектра только узкая часть используется для преобразования в электричество.

Эти проблемы решаются по-разному. С целью уменьшения размеров используемых полупроводниковых панелей (а следовательно цены СБ и цены за ватт произведенной электрической энергии), в таких установках обычно применяются линзовые, призмные или зеркальные концентраторы энергии, позволяющие существенно уменьшить площадь кремниевых панелей без снижения объемов производимой электрической энергии. Такие концентраторы характеризуются концентрирующей способностью порядка 100 (при этом концентрируется весь спектр, а не та его часть, которая участвует в преобразовании энергии), они громоздки, тяжелы. Такая конструкция СБ требует охлаждения кремниевых панелей, а также наличия механизма поворота панели в соответствии с движением солнца. При этом их

использование существенно ухудшает внешний вид крыш домов, использующих солнечные энергетические установки.

Второе направление в повышении эффективности СБ – создание полупроводниковых материалов с расщепленными полосами поглощения и солнечных батарей на их основе, преобразующих в ток фотоны сразу нескольких частот. Эти, давно начатые работы, ведутся до сих пор; есть определенные успехи, но массового продукта на основе этой технологии пока нет.

Третий путь повышения эффективности СБ – это использование некой системы или процесса, преобразующей все фотоны падающего солнечного света в фотоны только одной оптимальной частоты на которую рассчитан фотоэлектрический преобразователь. Процесс, при котором два фотона низкой энергии преобразовывались в один высокоэнергетический фотон ранее демонстрировался лишь с лазерными лучами высокой плотности энергии в пучке. Процесс преобразования осуществляется в растворе в котором присутствуют два вида специфических молекул: так называемые «антенны» и «эмиттеры». Исследователям пришлось много поработать, чтобы подобрать нужные вещества для зелено – синего преобразования частоты. Очевидно, что можно подобрать вещества таким образом, чтобы они реагировали на различные частоты падающего света, а излучали (причем все) только одну частоту. Однако до создания СБ на таком принципе преобразования солнечного излучения далеко. Бак с жидким раствором не устраивает разработчиков по конструктивным причинам, хотя они утверждают что такого же эффекта преобразования солнечного света можно добиться и в твердом растворе – добавляя подходящие антенны и эмиттеры в толщу прозрачного полимера.

Совершенно новый и оригинальный подход в устранении недостатков солнечных энергетических установок предложила американская компания Prism Solar Technologies, которая разработала и испытала солнечную батарею с голографическим концентратором, стоимость которой составляет лишь 25% от стоимости традиционных солнечных энергетических установок, что позволяет ей успешно конкурировать с электрическими генераторами на жидком топливе.

Солнечные фотоэлектрические модули, выдвинутые на рынок компанией, отличаются низкой стоимостью одного ватта выходной мощности и целым рядом привлекательных технических моментов.

Сердце новой солнечной панели — плоский голографический концентратор (Holographic Planar Concentrator — HPC). Это так называемая радужная голограмма, представляющая собой особый вид голограмм, в которых для уменьшения требований к когерентности восстанавливающего источника исключается параллакс в одном направлении. При восстановлении такой голограммы используется весь спектр белого света, в частности, солнечный свет. Радужная голограмма - это оптическая голограмма, голографическая копия объекта которой при изменении угла просмотра наблюдателем, подвергается спектральной расцветке в границах всего видимого диапазона: от красного до фиолетового цвета (отсюда и название «радужная голограмма»). Подробно процесс формирования и изготовления радужных голограмм на поливинилхлоридной пленке описан в работе [1].

Собственно, батарея нового типа представляет собой чередующиеся полосы: полоска голограммы – полоска фотоэлектрической батареи и так далее. См. рис.1.



Рис. 1 Внешний вид солнечной батареи с голографическим концентратором.

Голографический концентратор представляет собой голографическую плёнку, зажатую между двумя слоями стекла [2]. Разрез голографической фотоэлектрической батареи показан на рис.2.

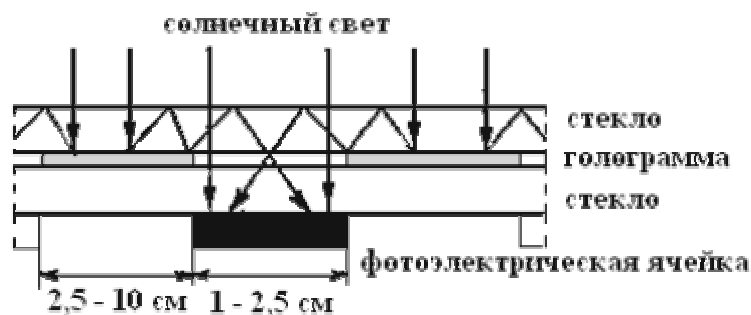


Рис. 2 Разрез голографической фотоэлектрической батареи (отдельный элемент).

Толщина каждого из двух слоёв стекла - 3,2 миллиметра (жёлтый цвет), толщина голографической плёнки - 7 микрон (оранжевый). Стрелки — направление солнечных лучей. Радужная голограмма является мультиплексной, то есть такой, на которой одновременно записано много изображений. Здесь используется замечательное свойство голограммы – возможность записи на одной пластинке и последующего раздельного воспроизведения множества изображений. Голограмма может быть сформирована или с использованием реального объекта (в данном случае цилиндрической линзы), путем изменения для каждого изображения угла между объектным и опорным пучками; или же может быть рассчитана математически, а затем изготовлена на специальных устройствах [3]. Формируется или рассчитывается голограмма таким образом, чтобы при падении на неё солнечного света, восстановленный ею луч необходимой для эффективной работы фотоэлектрической ячейки цветности укладывался в угол полного внутреннего отражения наружного стекла. В этом случае, после нескольких переотражений, лучи сместятся на участки между голограммами, где с обратной стороны стеклянного "бутерброда" закреплены, собственно, фотоэлектрические панели.

При перемещении Солнца, другие голограммы составной (мультиплексной) голограммы снова будут направлять солнечный луч нужной цветности на ячейку. Благодаря сложной голограмме свет будет правильно отражаться и попадать на фотоэлектрическую ячейку не только при падении по нормали к поверхности, но и в довольно широком диапазоне углов. См. рис. 3.

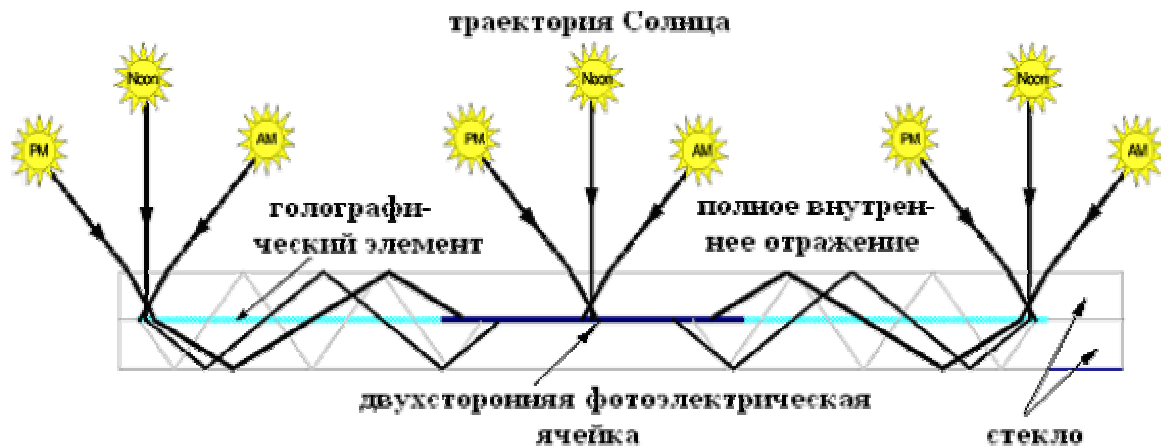


Рис. 3 Ход лучей при изменении положения Солнца относительно солнечной батареи при использовании двухсторонней ячейки.

Концентрация света здесь достигается не столь высокая, как в системах с зеркалами, призмами или линзами – всего до 10 раз. Зато, в отличие от упомянутых старых типов концентраторов, НРС обладает рядом достоинств.

Это лёгкость и минимальная толщина. Это селекция света по частотам ("тепловая" часть спектра на фотоячейки не попадает), приводящая к высокой отдаче фотоэлектрических преобразователей без их перегрева. Не требуются вентиляторы для охлаждения кремниевых панелей. Не требуется механизм поворота. Такую панель можно монтировать непосредственно на крыше, а частичная прозрачность СБ позволит встраивать её в стёкла: например, в окна чердачных помещений или в декоративных дверях.

По сравнению с солнечными батареями без концентраторов, для получения одного ватта требуется на 50-85% меньше кремния, что является одним из условий необычайно низкой цены голографических панелей. Да к тому же и сами голографические плёнки также намного дешевле больших зеркал или линз.

В конце этого года Prism Solar намерена начать серийный выпуск своих голографических батарей по весьма привлекательной цене \$2,4 за ватт, что примерно в 1,5-2 раза дешевле самых массовых на рынке "обычных" батарей на основе кристаллического кремния (примерно \$3,2-4 за ватт).

Более того, второе поколение голографических батарей компания обещает сделать ещё дешевле – \$1,5 за ватт (они появятся через несколько лет). А это тем более — опасный конкурент для других источников энергии (в тех районах, где много солнечных дней в году).

Следующий этап модернизации солнечной установки с голографическим концентратором, по сообщению главы Prism Solar Рик Левандовски (Rick Lewandowski), будет заключаться в переходе на концентраторы состоящие из двух голограммных структур наносимых на каждую из сторон подложки, что позволит еще больше снизить стоимость установки и довести ее до 1,5 долларов за 1 Вт в течение нескольких ближайших лет.

Выводы. Фотоэлектрические станции с солнечными элементами на основе кремния являются наиболее перспективными источниками электроэнергии.

Использование голограмм в качестве концентраторов открывает новые возможности при конструировании солнечных батарей. Голографический концентратор является более удачным решением, чем линзы и зеркала, позволяющим, так же, как и они, снизить расход кремния на одну панель заданной мощности. Концентратор позволяет сохранить толщину, лёгкость и конструктивную простоту

обычных солнечных панелей, позволяет отказаться от систем слежения за Солнцем. Он позволяет выделять наиболее эффективный для преобразования в электрическую энергию диапазон солнечного излучения и отсекал тепловое излучение, обуславливающее необходимость отвода тепла от кремниевых фотоприемных панелей. Помимо этого, голографическая технология позволила выполнить энергетическую установку в виде плоских, эстетически привлекательных радужных панелей, легко монтируемых на крышах домов, а их частичная прозрачность позволит встраивать их в стёкла, например, в окна чердачных помещений или в декоративных дверях.

Важнейшее преимущество использования концентраторов заключается в значительном снижении стоимости производимой СБ энергии.

Всё сказанное свидетельствует о целесообразности и своевременности проведения работ, связанных с разработкой СБ с голографическими концентраторами.

Имея ввиду важность энергетической проблемы, а также имеющейся научно-технической задел, это направление в ближайшее время будет одним из актуальных для кафедры светотехники и источников света Харьковской национальной академии городского хозяйства.

Список литературы:

1. А.Литвиненко, Л.Хромих // Стандартизація сертифікація якості.-2003.-5(24).-С.35.
2. [www. nrel.gov](http://www.nrel.gov)
3. Гафанович Г.Я., Литвиненко А.С., Михайловская И.П.// Измерительная техника –1977.-9.

СОНЯЧНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ З ГОЛОГРАММНИМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ ЕНЕРГІЇ

А.С. Литвиненко, Л.А. Назаренко

У роботі розглянуті питання, пов'язані з розробкою енергетичних установок з сонячними елементами на основі кремнію.

SUN POWER PLANTS WITH GOLOGRAMMNYMY KONTSENTRATORAMY OF ENERGY

A.S. Litvinenko, L.A. Nazarenko

The questions related to development of power plants with sun elements on the basis of silicon are examined in work.